



(19)

(11) Publication number:

60

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **58181402**(51) Intl. Cl.: **G01D 5/26 G01B 11/00**(22) Application date: **29.09.83**

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: **23.04.85**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **YOKOGAWA HOKUSH
ELECTRIC CORP**(72) Inventor: **OGITA EIJI
YAMAZAKI DAISUKE
UEDA TOSHITSUGU**

(74) Representative:

**(54) OPTICAL DEVICE FOR
MEASURING
DISPLACEMENT AND
ROTATION**

(57) Abstract:

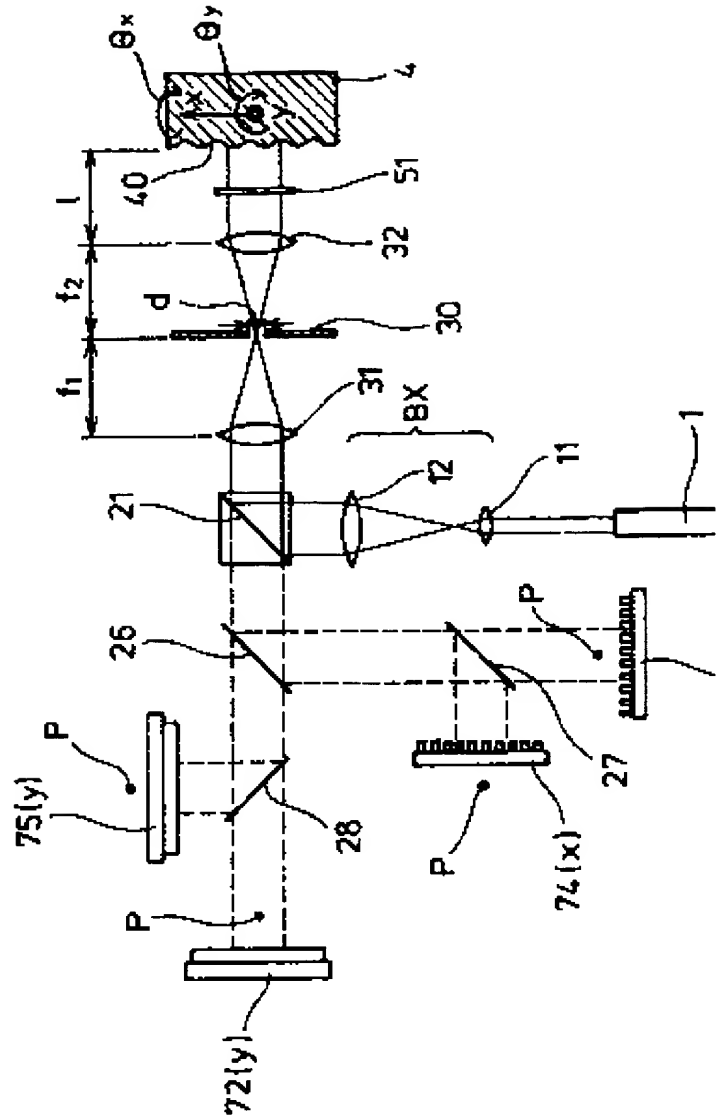
PURPOSE: To enable measurement of two-dimensional and rotating displacements without contact with a target by detecting the extent of the movement of a speckle with photodetectors placed in the position deviated forward and backward from the imaging position of the target and calculating the same.

CONSTITUTION: Photodetectors 71, 74 and photodetectors 72, 75 are disposed respectively before and behind an imaging position P and therefore the detectors generate the outputs in the directions opposite from each other with respect to the rotation of a target 4. If the outputs from the photodetectors 71, 74, 72, 75 are designated to be respectively Sx1, Sx2, Sy1, Sy2, Sx1+Sx2 is the

Best Available Copy

displacement in the X-axis direction, $S_{x1}-S_{x2}$ is the rotating displacement around the Y-axis, $S_{y1}+S_{y2}$ is the displacement in the Y-axis direction and $S_{y1}-S_{y2}$ is the rotating displacement around the X-axis. The outputs respectively proportional to X, Y, θ_x , θ_y are thus obtd.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio



⑫ 公開特許公報(A)

昭60-71911

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)4月23日

G 01 D 5/26
G 01 B 11/006781-2F
7625-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光学式変位・回転測定装置

⑮ 特 願 昭58-181402

⑯ 出 願 昭58(1983)9月29日

⑰ 発 明 者	荻 田 英 治	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑰ 発 明 者	山 崎 大 輔	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑰ 発 明 者	植 田 敏 嗣	武蔵野市中町2丁目9番32号	横河北辰電機株式会社内
⑰ 出 願 人	横河北辰電機株式会社	武蔵野市中町2丁目9番32号	
⑰ 代 理 人	弁理士 小 沢 信 助		

明 細 書

1 発 明 の 名 称

光学式変位・回転測定装置

2 特 許 請 求 の 範 囲

被測定量に応じて変位するターゲットの拡散面に可干渉な光を照射するとともにその反射光により生じるスペクトルの動きを検出し前記ターゲットの変位量を測定するようにした光学式測定装置において、前記ターゲットの1つの軸方向の動きに対して前記スペクトルの動きを検出する検出点を前記ターゲットの結像位置またはその前後のいずれか2点に選定するとともに、各検出点より得られる検出信号を演算して前記ターゲットの変位量および回転変位量に比例した出力を発生することを特徴とする光学式変位・回転測定装置。

3 発 明 の 詳 細 な 説 明

〔発明の属する分野〕

本発明は、光の干渉を利用して変位量および回転変位量を測定する光学式変位・回転測定装置に関するものである。

さらに詳しくは、本願は、光源からの可干渉な光を、2次元的な変位および回転変位を行なう可動拡散面に照射し、そこから得られるスペクトルパターンを利用して2次元の変位量および回転変位量を測定するようにした光学式変位・回転測定装置に関するものである。

〔従来技術〕

このような測定装置の一例としては、出願人がすでに特願昭57-109548号として出願した光学式機械量測定装置がある。これは光学的手段を利用して3次元的な変位量を測定するようにしたもので、以下にその構成および動作を説明する。

この光学式機械量測定装置は、光源からの可干渉な光を被測定機械量を与えられている可動拡散面に照射し、そこから得られるスペクトルパターンを利用して2次元の機械量を測定するとともに、このスペクトルパターンに光源からの光を参照光として照射し、その結果得られるパターンを利用して可動拡散板の前記2次元の軸と直交する軸方向の変位等の機械量を測定するようにした点に構

成上の特徴がある。

第1図は本装置の一例を示す構成説明図である。図において、1は光源で、例えばHeNeレーザ光源が使用され、ここから可干渉光が出射される。11, 12はレンズで、光源1から出射した光を拡げて平行光とするビームエキスパンダBXを構成している。21は第1の偏光ビームスプリッタ(以下PBSと略す)、22は第2のPBS、23は第3のPBS、24は第4のPBS、25は第5のPBSである。第1、第2、第3のPBS、21, 22, 23は、入射する光ビームを2方向に分割する役目をし、第4のPBS 24は2方向から来るビームを1方向ビームにする役目をしている。また、第5のPBS 25は、第4のPBSに対して45°回転した位置関係となるように設置されており、2種の光を干渉させて縞を作る役目をしている。31, 32はそれぞれ焦点距離が f_1 , f_2 のレンズ、30はレンズ31と33との間であって、レンズ31から f_1 、レンズ32から f_2 の距離に設置した絞り板で、これには、径が4の透孔が設けられている。4は拡散面40を有するターゲットで、レ

(3)

向は互いに直交するように設置されているものとする。73は第5のPBSから出た光を受光する受光器である。この受光器73としては、CCDなどのイメージセンサが用いられる。

第2図は第1図装置において、電気的な回路を示す構成ブロック図である。この図において、70は、例えばCCDで構成された各受光器71, 72, 73を駆動するクロック発振器で、例えば周波数 f_0 のクロック信号を各受光器に印加している。81, 82, 83は各受光器71, 72, 73からの出力周波数信号 f_x , f_y , f_z を入力し、これと参照周波数信号 f_R とをミキシングするミキサ、91, 92, 93はそれぞれ対応するミキサからの出力信号のなかの特定の周波数信号を通過させるローパスフィルタ、41, 42, 43はそれぞれローパスフィルタ91, 92, 93からの周波数信号を計数するカウンタ、6は各カウンタ41, 42, 43からの計数信号 fox , foy , foz を入力する演算回路で、この演算回路としては、例えばマイクロプロセッサが使用される。60は表示装置で、例えばCRTが使用され、演算回路6での演算結果を

(3)

ンズ32から L (L は $0 \sim 2f_2$ 、程度が好ましい)だけ離れて設置され、これには例えば、図示するように x, y, z 方向の3次元の測定値検量を与えられる。51はレンズ32とターゲット4との間に設置した $\lambda/4$ 板、61, 62はミラーで、第1のPBS 21で分割された光源1からの光が、第4のPBS 24に入射するように設置されている。ここでミラー61はその光軸 C_L に対して $\theta_1 = 45^\circ$ だけ傾斜しているのに対し、ミラー62は光軸 C_L に対して $\theta_2 = 45^\circ + \Delta\theta$ だけ傾斜してある。52はミラー61と第1のPBS 21との間に設置した $\lambda/2$ 板、53は第1のPBS 21と第2のPBSとの間に設けた $\lambda/4$ 板、54は第2のPBS 22と第3のPBS 23との間に設けた $\lambda/4$ 板である。

71は第3のPBS 23で分割された一方の光を受光する x 軸受光器、72は第3のPBSで分割された他方の光を受光する y 軸受光器で、これらには多数個の受光素子をアレイ状に配列して構成されるCCDなどのイメージセンサが使用される。なお、各受光器71, 72において、その受光素子の配列方

(4)

表示する。

このように構成した装置の動作は次の通りである。光源1から出射された波長 λ の光は、ビームエキスパンダBXで拡げられ、平行光となって第1のPBS 21に入射する。ここで、入射光線と入射面に対して入射角が作る入射面に垂直方向に振動する光成分(S波)は反射し、レンズ31、絞り板30の透孔、レンズ32及び $\lambda/4$ 板51を経て、ターゲット4の拡散面40に平行光となって照射される。ターゲット4の拡散面40に照射された平行光は、この拡散面の凹凸によってランダムな位相変動を受けて反射し、この反射光は、再び $\lambda/4$ 板51、レンズ32、絞り板30の透孔、レンズ31を通過して戻り、第1のPBS 21に入射する。ここで、レンズ31、絞り板30、レンズ32は、スペクトルの純移動状態を実現しここを通過する光の空間周波数を下げるローパスフィルタとして機能するものである。第1のPBS 21に再入射する光は入射面に対して、振動方向が平行な光成分(P波)となっており、第1のPBS 21を通過する。ここを通過したターゲット

(4)

4の拡散面40からの反射光は、1/4板53を通過して円偏光となり、第3のPBS 22で2つに分かれ、一方は1/4板54を通過して円偏光となり、第3のPBS 23で分かれて、x軸受光器71及びy軸受光器72にそれぞれ入射する。そして、これらの受光面にスペクトルパターンをつくる。

第3図は、x軸受光器71及びy軸受光器72上に得られるスペクトルパターンの一例を示す図である。この図において、スペクトルパターンは、ターゲット4が矢印x方向に移動したときは、x軸方向に移動し、ターゲット4が矢印y方向に移動したときは、y軸方向に移動する。x軸受光器71は、この受光面に照射された第3図に示すようなスペクトルパターンのx軸方向変位を捉える。また、y軸受光器72は、この受光面に照射された第3図に示すようなスペクトルパターンのy軸方向変位を捉える。

一方、第4のPBS 24へ入射した拡散面40からの反射光は、そのまま通過し、第5のPBS 25に入射する。また、光源1から第1のPBS 21に入射した

光の中で、P波成分はここを通過し、1/2板52を通過して90°偏波面が回転され、ミラー61, 62を経て、第4のPBS 24に入射し、ここで反射して第5のPBS 25に参照光として入射する。第5のPBS 25は、第4のPBS 24に対して45°回転して置かれており、ここで、互いに偏波面が90°異なるターゲット4からの反射光と、光源1からの参照光とのうち、第5図に示すように45°成分のものが通過し、x軸受光器73上に干渉縞がつくられる。なお、第5のPBS 25は偏光板を用いてもよい。

第4図は、x軸受光器73上に得られたパターンの一例を示す図であって、スペクトルパターンにマイケルソン干渉縞が重畳したようなものとなる。このパターンは、ターゲット4が矢印x方向に移動すると、x方向に移動する。x軸受光器73は、この受光面に照射された第4図に示すようなパターンのx軸方向変位を捉える。

ここで、レンズ31, 32の距離が $f_1 + f_2$ であることと、ターゲット4に平面波が照射されるようにすれば、所謂純移動状態となり、この状態では、

(7)

各受光器の受光面に得られるスペクトルパターンの、平均的スペクトル径は、 $(f_1 \lambda) / (\pi d)$ で与えられる。したがって、レンズ31から各受光器までの距離や、レンズ32とターゲット4との間の距離 d は、純移動状態とスペクトル径には無関係となる。

各受光器71, 72, 73は、一端にクロック発振器70から周波数 f_0 のクロック信号が印加されて駆動されており、各受光器71, 72, 73から $f_0 = f_0/N$ (ただし N は受光器71, 72, 73のビット数)を基本周波数とする周波数信号 f_x, f_y, f_z が出力される。

第4図は、各受光器71, 72, 73から得られる周波数信号 f_x, f_y, f_z の周波数スペクトルを示す説明図である。この信号の周波数スペクトルは、基本周波数 f_0 の整数倍の点でピークがあり、かつそのピークは、各受光器の全幅の $1/(整数)$ と、干渉縞の間隔が等しいところが一番大きくなり、ターゲット4の移動とともに、移動する。例えば、ターゲット4がx方向にxだけ移動すれば、受光器71からの周波数信号 f_x の例えば m 次高調波に相

(8)

当するピーク P_m は、その移動速度 dx/dt に比例した Δf_{mx} だけ周波数シフトする。同じように、ターゲット4がy方向にyだけ移動すれば、受光器72からの周波数信号 f_y の n 次高調波に相当するピーク P_n は、その移動速度 dy/dt に比例した Δf_{ny} だけ周波数シフトする。受光器73からの周波数信号についても同様である。つまり、 $\Delta f_{mx}, \Delta f_{my}, \Delta f_{mz}$ の位相を測定すれば、 x, y, z の変位量を測定できる。

例えば第1図の回路において、ミキサ81, 82, 83は、各受光器から出力される m 次高調波 P_m と、その近傍周波数 f_R とをミキシング、すなわちヘテロダイン検波し、各出力をローパスフィルタ91, 92, 93を介することによって、その出力端に次式に示すような周波数信号 f_{ox}, f_{oy}, f_{oz} をそれぞれ得る。

$$f_{ox} = m f_0 - f_R \pm \Delta f_{mx}$$

$$f_{oy} = m f_0 - f_R \pm \Delta f_{my}$$

$$f_{oz} = m f_0 - f_R \pm \Delta f_{mz}$$

各カウンタ41, 42, 43は、これらの周波数信号

(9)

(10)

をそれぞれ計数する。演算回路 4 は、各カウンタ 41, 42, 43 からの信号 fox , foy , foz を入力し、所定の演算、例えば積分を含む演算をすることによって、ターゲット 4 の各矢印 x , y , z 方向の変位量 X , Y , Z を知ることができる。また Δf_{mx} , Δf_{my} , Δf_{mz} は、ターゲット 4 の移動方向に応じて、正、負に極性が変ることから、移動方向の判別も同時にできる。

このように構成される装置は、ひとつの光源からのビームによって 3 次元の変位が同時に測定できるもので、全体構成を簡単にできる。また、各受光器から得られる信号は周波数信号であることから、演算処理が容易であり、高分解能で、各種機械量を測定することができる。

ここで、このような機械量測定装置においては、 x , y , z 各軸方向における変位の測定を目的としているために、各軸を中心としたターゲットの回転に対しては、その回転量を測定することはできない。

すなわち、ターゲットが回転すると、受光器側

(11)

スペクトルの移動量を検出するとともに、これらの検出結果を演算することにより、ターゲットの回転変位量を測定するようにしたものである。

〔実施例〕

以下、本発明を詳しく説明する。

第 7 図は本発明の光学式変位・回転測定装置の一実施例を示す構成図である。図において、前記第 1 図と同様のものは同一符号を付して示す。26 ~ 28 はヘーフミラー、74, 75 は新たに設けられた受光器である。受光器 71, 74 はターゲット 4 における X 軸方向の変位 x および Y 軸を中心とした回転変位 θ_y を検出するために設けられたものであり、同様に受光器 72, 75 は Y 軸方向の変位 y および X 軸を中心とした回転変位 θ_x を検出するために設けられたものである。ここで、ヘーフミラー 27, 28 付近の光路中に P で示した点は、レンズ 31, 32 により形成されるターゲット 4 の結像位置であり、受光器 71, 72 はこの結像位置 P より後、また受光器 74, 75 は結像位置 P より前にそれぞれ配置されている。

(13)

の空間に存在するスペクトルもターゲットの結像位置を中心に回転する。このため、受光器をターゲットの結像位置より外れた位置に置いた場合には、ターゲットの回転に伴って受光器上のスペクトルが移動し、ターゲットの回転が軸方向の変位として誤って検出されてしまう。したがって、この装置では、受光器はターゲットの結像位置に置く以外になく、各軸を中心としたターゲットの回転変位量を測定することはできない。

〔発明の目的〕

本発明は、上記のような従来装置の欠点をなくし、2 次元的な変位量ばかりでなく、回転変位量をも測定することのできる光学式変位・回転測定装置を実現することを目的としたものである。

〔発明の概要〕

本発明の光学式変位・回転測定装置は、ターゲットの回転に伴って移動するスペクトルの移動方向が、ターゲットの結像位置の前後で逆方向となることを利用して、受光器をターゲットの結像位置から前後にずれた位置に置いて、それぞれスペ

(12)

第 8 図はターゲット 4 が回転した場合におけるスペクトルの動きを示す説明図である。図において、ターゲット 4 が回転した場合、空間に存在するスペクトルも同様に回転する。この時、途中にレンズが置かれており、スペクトルの動きはターゲット 4 の結像位置 P を境としてその前後で反対向きとなる。また、動きの速さはターゲット 4 の回転角 θ と結像位置 P からの距離 L_1 , L_2 に比例したものである。

さて、第 7 図にもどって、受光器 71, 74 および受光器 72, 75 はそれぞれ結像位置 P の前後に配置されているので、ターゲット 4 の回転に対しては互いに逆方向の出力を発生することになる。例えば、ターゲット 4 が Y 軸を中心回転した場合に、受光器 71, 74 が出力を発生し、X 軸を中心回転した場合には、受光器 72, 75 が出力を発生する。なお、ターゲット 4 の x , y 軸上の変位に対しては、スペクトルが結像位置 P の前後にかかわらず同方向に移動するので、受光器 71, 74 および受光器 72, 75 は同方向の出力を発生する。

(14)

いま、受光器 71, 74, 72, 75 の出力をそれぞれ $s_{x1}, s_{x2}, s_{y1}, s_{y2}$ とすると、ターゲット 4 の変位 X, Y および X 軸、 Y 軸を中心とした回転変位 θ_x, θ_y に対して、これらの出力は次式のような関係を有することになる。

$$s_{x1} = aX + b\theta_y$$

$$s_{x2} = aX - b\theta_y$$

$$s_{y1} = aY + b\theta_x$$

$$s_{y2} = aY - b\theta_x$$

a, b は比例定数である。

上式より明らかなように、各受光器 71, 72, 74, 75 の出力を演算し、 $(s_{x1} + s_{x2})$ を X 軸方向の変位量、 $(s_{x1} - s_{x2})$ を Y 軸を中心とした回転変位量、 $(s_{y1} + s_{y2})$ を Y 軸方向の変位量、 $(s_{y1} - s_{y2})$ を X 軸を中心とした回転変位量とすることにより、それぞれ X, Y, θ_x, θ_y に比例した出力を得ることができる。

第 9 図は本発明の光学式変位・回転測定装置の他の実施例を示す構成図である。この実施例は、前記第 7 図の装置において、片方の受光器 71, 72

(15)

ここでは、各受光器として、CCD のようなイメージセンサを用いることを想定したが、空間フィルタを組合せたようなパターン検出器を用いてもよい。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の光学式変位・回転測定装置では、ターゲットとは非接触で、このターゲットの 2 次元的な変位量ばかりでなく、回転変位量をも測定することのできる光学式変位・回転測定装置を実現することができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は従来の光学式機械量測定装置の一例を示す構成説明図、第 2 図は電気的な回路を示す構成ブロック図、第 3 図及び第 4 図は第 1 図装置において x 軸受光器 (y 軸受光器) 及び y 軸受光器の受光面につくられるスペクトルパターンの一例を示す説明図、第 5 図は受光器 73 付近の光の偏波面の説明図、第 6 図は各受光器から得られる信号の周波数スペクトルを示す説明図、第 7 図は本発明の光学式変位・回転測定装置の一実施例を示す

(17)

をそれぞれターゲット 4 の結像位置 P に配置したものである。このように、片方の受光器 71, 72 を結像位置 P に配置すると、この受光器 71, 72 における出力はターゲット 4 の回転には左右されず、 x, y 軸方向の変位にのみ対応したものとなる。この結果、各受光器 71, 72, 74, 75 の出力は、

$$s_{x1} = aX$$

$$s_{x2} = aX + b\theta_y$$

$$s_{y1} = aY$$

$$s_{y2} = aY + b\theta_x$$

となり、 $(s_{x2} - s_{x1})$ および $(s_{y2} - s_{y1})$ を演算することにより、ターゲット 4 の回転変位量を測定することができる。

なお、上記の説明では、2 枚のレンズ 31, 32 を使用した光学系を例示したが、光学系はこれに限られるものではなく、ターゲット 4 の像が受光器 71, 72, 74, 75 の付近に結ぶものであれば、どのような構成のものでもよい。また、ターゲット 4 の拡散面 40 に、再帰性反射物を貼布するようにし検出感度を増大させるようにしてもよい。さらに、

(16)

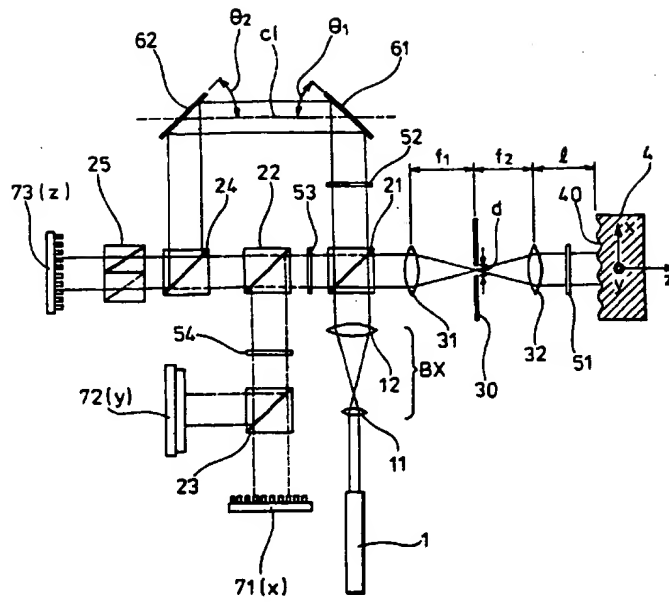
構成図、第 8 図はターゲット 4 の回転とスペクトルの移動との関係を示す説明図、第 9 図は本発明の光学式変位・回転測定装置の他の実施例を示す構成図である。

1 … 光源、21, 22, 23, 24, 25 … 偏光ビームスプリッタ、11, 12, 31, 32 … レンズ、30 … 絞り板、4 … ターゲット、40 … 拡散面、51, 53, 54 … $\lambda/4$ 板、52 … $\lambda/2$ 板、61, 62 … ミラー、71, 72, 73, 74, 75 … 受光器、26, 27, 28 … ハーフミラ。

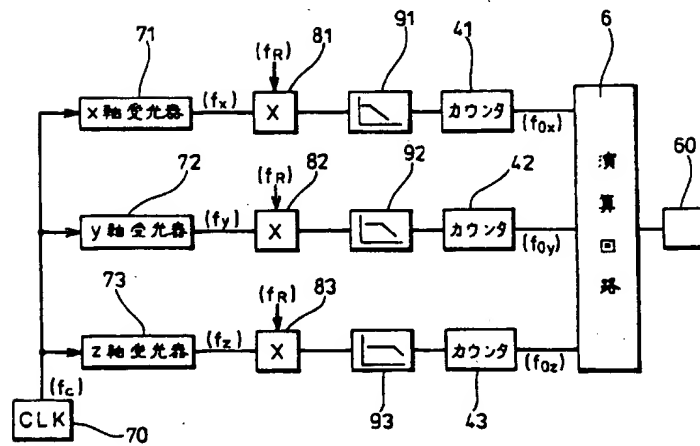
代理人 弁理士 小沢 信 助



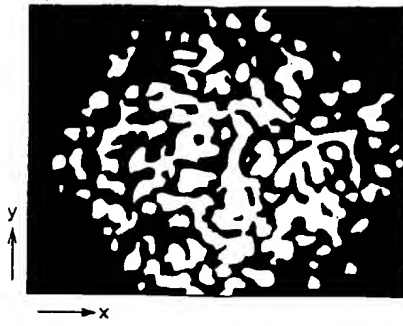
第1図



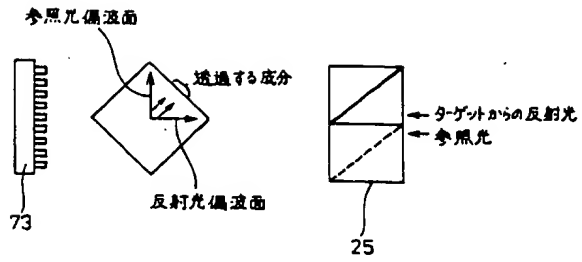
第2図



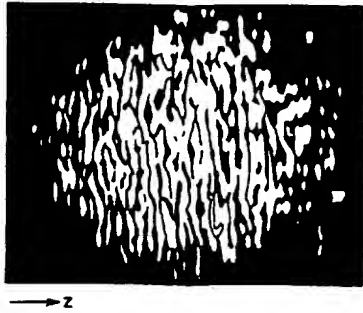
第3図



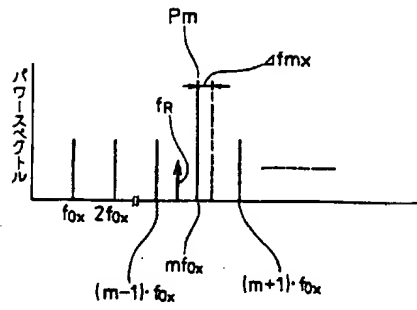
第5図



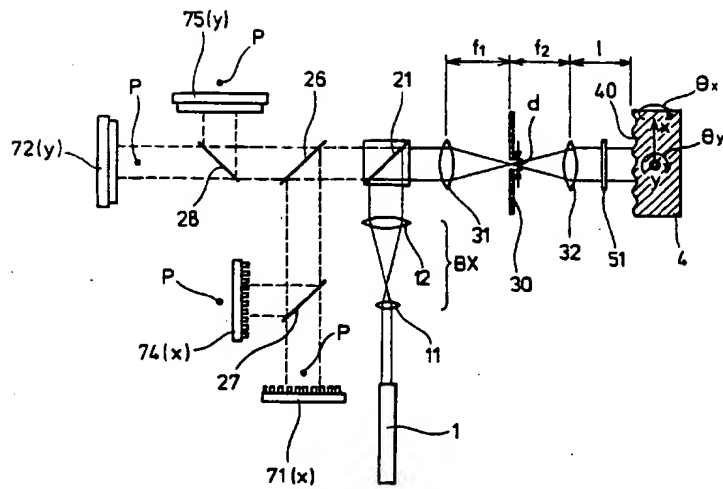
第4図



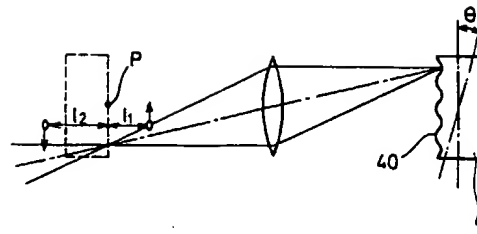
第6図



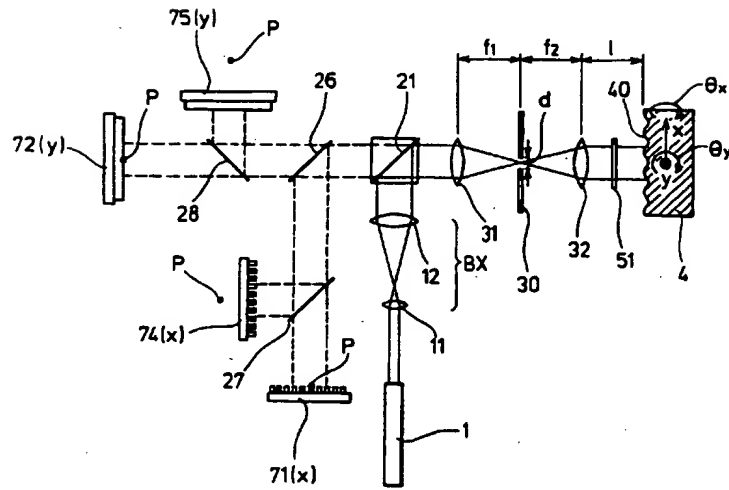
第7図



第 8 图



第 9 图



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.